

**Ein Versuch zur Bodenverbesserung an sauren Waldstandorten:
Auswirkungen auf die Zersetzergesellschaft**

**A melioration experiment on acid forest soils:
effects on the decomposer community**

Anneke BEYLICH
IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH

Abstract

An experiment for the melioration of acid forest soils, including as a main component the inoculation with endogeic earthworms, is described. The effects of the experiment on the decomposer community are examined, using Lumbricidae and Enchytraeidae as indicator groups. For treated plots and control plots differences concerning species composition and dominance structure can be found. An increase in the number of species is connected to a lower percentage of acidophilic species on the meliorated plots. Comparing the changes in abundance of earthworms and enchytraeids which occur as a reaction on the experiment, antagonistic tendencies can be observed. The examination of the vertical distribution of the enchytraeids indicates preferences of several species or genera for certain soil depths. As a whole, the results give a description of the initial phase of succession caused by the melioration.

Zusammenfassung

Vorgestellt wird ein Versuch zur Melioration saurer Waldböden, der als wesentliche Komponente die Ansiedelung endogäischer Regenwürmer beinhaltet. Die Auswirkungen des Meliorationsversuches auf die Zersetzergesellschaft werden anhand der Lumbriciden und Enchytraeiden untersucht. Für behandelte Flächen und unbehandelte Kontrollflächen ergeben sich Unterschiede hinsichtlich des Artenspektrums und der Dominanzverhältnisse. Eine Zunahme der Artenzahl geht einher mit einem höheren Anteil von Schwachsäurezeigern gegenüber den Starksäurezeigern. Beim Vergleich der Abundanzänderungen der Regenwürmer und Kleinringelwürmer als Reaktion auf die Melioration zeigt sich eine Tendenz zu antagonistischem Verhalten. Erfasst wurde außerdem die Vertikalverteilung der Enchytraeiden wobei sich art- bzw. gattungsspezifisch Tiefenpräferenzen zeigen. Insgesamt charakterisieren die Ergebnisse die Zersetzergesellschaft in der Anfangsphase einer Sukzession, die mit den Meliorationsmaßnahmen eingeleitet wurde.

Key words: melioration of forest soils, decomposer communities, enchytraeids, earthworms, bioindication

1. Einleitung

Mit dem untersuchten Meliorationsversuch sollte durch die Ausbringung geeigneten Impfmateri als eine Ansiedelung endogäischer Regenwürmer im Waldboden erreicht werden. Verschiedene Verfahren zur künstlichen Besiedelung von Waldflächen mit Regenwürmern sind bisher z. B. von HUHTA (1979), JUDAS *et al.* (1991) und ROBINSON *et al.* (1992) beschrieben worden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden überwiegend die Abundanzentwicklung der eingebrachten Regenwurmart unter verschiedenen Bedingungen (Kalkung, Streuzufuhr) sowie bodenchemische Parameter untersucht. In der hier vorgestellten Untersuchung liegt der Schwerpunkt dagegen auf der Erfassung von Veränderungen der Zersetzergesellschaften hinsichtlich Arten- und Dominanzstruktur als Folge der Bodenbehandlung. Dieser Ansatz bot sich an, da ein Einfluß auf die Bodenlebensgemeinschaft durch die Melioration sowohl indirekt über die Veränderungen abiotischer Faktoren, wie pH-Wert und Porenvolumen, als auch direkt durch die Ausbringung belebten Impfmateri als zu erwarten war. Außerdem sollte mit Hilfe der Zersetzergesellschaften geklärt werden, in welchem Maße sich die Bodensituation durch die Melioration dem Zustand natürlicherweise basenreicher Wälder angenähert hat. Solche Wälder sind durch biologisch aktive Böden mit Mull-Humusformen gekennzeichnet und stellen in dieser Hinsicht im allgemeinen den angestrebten Zielzustand von Meliorationsmaßnahmen im Wald dar (BENECKE 1992). Da die Zersetzergesellschaft die Gesamtheit der streuzersetzenden Mikroorganismen und Tiere eines Bodens beinhaltet, kann sie nur über Indikatororganismen erfaßt werden. Als Indikatorgruppe werden die Anneliden verwendet, da sie aufgrund ihrer Eigenschaften und der Erfahrungen aus anderen Untersuchungen als besonders geeignet für diesen Zweck angesehen werden können (GRAEFE 1990, 1993).

2. Versuchsflächen und Methodik

Die drei Versuchsflächen liegen südöstlich von Hamburg im Geestbereich des nördlichen Elbufers. Sie sind gekennzeichnet durch Buchen-(Mischwald-)Bestände auf stark bis sehr stark sauren, z.T. podsolierten Sandböden mit Moderauflage. Für die Flächen wurden die Kurzbezeichnungen B (Buche), BE (Buche/Eiche) und BK (Buche/Kiefer) gewählt.

Zur Ansiedelung der endogäischen Regenwurmart *Aporrectodea caliginosa* und *Allolobophora chlorotica* wurde das Impfsubstrat, ein Gemisch aus Ackerboden (Brache) und verrottendem Holz, auf den geästeten Waldboden aufgebracht und mit einer Fräse eingearbeitet. Eine Kalkung erfolgte auf den Flächen BK und BE bereits 1985 bzw. 1986; die Substratbereiche der Fläche B wurden mit der Substratausbringung 1991 gekalkt.

Die Probenahme erfolgte einmalig 1992/1993 ca. 18 Monate nach der Melioration durch Handauslese (Regenwürmer) bzw. durch die Entnahme von Stecherproben und anschließende Naßextraktion (Enchyträen). Die Entnahmetiefe betrug bei den Regenwurmproben 25 cm, bei den Enchyträenproben 10 cm. Letztere wurden in vier vertikale Teilproben unterteilt. Aus den behandelten Teilbereichen und den unbehandelten Kontrollbereichen der Versuchsflächen wurden jeweils 10 Proben entnommen. Zur Charakterisierung des Bodenzustands wurden der pH (CaCl₂), das Porenvolumen und der Gehalt an organischer Substanz ermittelt. Weitere Details zur Methodik sind dokumentiert in BEYLICH (1993).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Veränderungen der Bodeneigenschaften durch die Melioration

Durch die maschinelle Einarbeitung des Impfsubstrates wird die vorhandene Moder-Auflage beseitigt und mechanisch eine Situation erzeugt, die etwa einer Mull-Humusform entspricht: mit dem herbstlichen Laubfall entsteht eine Litter-Schicht, die dem Mineralboden direkt aufliegt. Der Mineralboden zeigt als Folge der Vermischung mit dem Substrat und der organischen Auflage 1,4 bis 3,2fach höhere Gehalte an organischer Substanz als auf den Kontrollflächen. Durch die Bodenbearbeitung steigt außerdem das Porenvolumen um 13 bis 19 Prozentpunkte auf 59% bis 66%. Auch auf den Flächen ohne zusätzliche Kalkung der Substratbereiche wird eine Anhebung des pH-Wertes durch die Melioration verursacht (Tab. 1), da das Impfmaterial von der Ackerbrache einen höheren pH-Wert als die Waldböden hatte.

Fläche	Kontrolle		Substrat
	org. Auflage	Mineralboden	Mineralboden
BK	3,3	3,2	3,8
B	3,2	3,1	5,2
BE	4,6	3,5	4,9
Acker	-	5,3	-

Tab. 1. pH(CaCl₂)-Werte der Versuchsflächen. BK: Buche/Kiefer, B: Buche, BE: Buche/Eiche.

Table 1. pH(CaCl₂)-values of the sample plots. BK: beech/pine, B: beech, BE: beech/oak.

3.2. Zersetzergesellschaften

In Tab. 2 sind die wichtigsten Parameter zur Charakterisierung der Annelidenzönosen der Probestflächen zusammengestellt. Informationen zur Klassifikation der Zersetzergesellschaften, zu Zeigerwerten und mittlerer Reaktionszahl sind GRAEFE (1993) zu entnehmen.

Der unbehandelte Zustand der Waldflächen ist durch das Vorkommen epigäischer Regenwürmer und säuretoleranter Enchytraeiden geprägt. Die Artenzusammensetzung ist typisch für die Gesellschaft saurer Waldstandorte mit Moder- und Rohhumusauflage (*Achaeto-Cognettietum*). Allerdings findet man auf den drei Flächen unterschiedliche Ausformungen dieser Gesellschaft, was auf unterschiedliche Bodeneigenschaften hindeutet. Bei der Betrachtung der Standorte BK und BE muß man berücksichtigen, daß hier 1985 bzw. 1986 gekalkt wurde. Natürlicherweise basenreiche Standorte, aber auch gekalkte Flächen, zeichnen sich häufig durch relativ hohe Artenzahlen aus (ABRAHAMSEN 1972, GRAEFE 1990). Auf der Fläche BK läßt sich jedoch trotz der Kalkung eine artenarme Variante der Gesellschaft nachweisen, während die Variante von BE erwartungsgemäß mit dem sporadischen Auftreten einiger Mäßigsäurezeiger (z.B. *Buchholzia appendiculata*, *Fridericia*-Arten) auf weniger saure Bodenverhältnisse hindeutet. In der Reihenfolge BK < B < BE steigt der Anteil wenig säuretoleranter Arten und damit die mittlere Reaktionszahl mR'.

Tab. 2. Übersicht zu den Annelidenzönosen der Versuchsflächen.

Table 2. List of annelid coenoses of the sample plots.

Art	R	Kontrollflächen				Meliorierte Flächen		
Regenwürmer		A	BK	B	BE	BK	B	BE
Dendrobaena octaedra	x		+	+	+	+		+
Dendrodrius rubidus	x				+			+
Lumbricus rubellus	x	+++	++	+	++	++	+	+
Dendrobaena attemsi	4			+			++	
Allobophora chlorotica	7	++				++	+++	+
Aporrectodea caliginosa	7	+				++	+++	+
Kleinringelwürmer		A	BK	B	BE	BK	B	BE
Achaeta brevivasa	1		++++		++	++++		
Marionina clavata	1		+++	++++	+++	++++	+++	++
Cognettia sphagnetorum	2		++++	++++	++	++++	++	+++
Achaeta aberrans	3		++	+	+++	+++	+	+
Achaeta camerani	3			++				
Achaeta monicae *	3			+++			++	
Achaeta affinoides	4		+	+++	+++	+	++	++
Marionina cambrensis	4		+	+	+++	+	+	++
Achaeta abulba	5			+++	++++			++
Mesenchytraeus glandulosus	5			++	+	+	+++	+
Enchytronia parva	6					+++	++	+++
Fridericia striata	6			+			+	
Hrabeiella periglandulata	6				+			+
Buchholzia appendiculata	7				+		+++	++
Enchytronia annulata	7	++						++
Enchytronia minor	7					+	++	+++
Enchytronia minutissima	7							+
Enchytronia spec (plic)*	7							+
Enchytronia spec. (sept)*	7							+
Fridericia spec.	7	++			+	+	++	+++
Henlea perpusilla	7	++					++	+++
Henlea ventriculosa	7	++					+	
Enchytraeus spec.					+	+	++	+++
Marionina spec.								+
Artenzahl		7	8	13	15	15	19	26
mR'		7.0	1.9	3.2	3.6	3.4	5.2	5.5

Legende zu Tabelle 2

R: Zeigerwert für Bodenreaktion

mR': mittlere Reaktionszahl

*: vorläufige Artbezeichnung

A: Ackerbrache (reduzierte Probenzahl)

BK: Buche / Kiefer

B: Buche

BE: Buche / Eiche

R Reaktionszahl:

1 Starksäurezeiger, niemals in schwach sauren bis alkalischen Böden vorkommend

3 Säurezeiger, Schwergewicht in sauren Böden, aber bis in den neutralen Bereich vorkommend

5 Mäßigsäurezeiger, in stark sauren wie neutralen bis alkalischen Böden selten

7 Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger, niemals in stark sauren Böden

9 Basen- und Kalkzeiger, stets in kalkreichen Böden

gerade Zahlen: Zwischenstufen

x: indifferentes Verhalten

Abundanzklassen:

Regenwürmer (Ind. / qm)

+	< 10
++	10 - 30
+++	30 - 100
++++	100 - 300
+++++	> 300

Kleinringelwürmer (Ind. / qm)

+	< 1000
++	1000 - 3000
+++	3000 - 10.000
++++	10.000 - 30.000
+++++	> 30.000

Zum Vergleich sind die Ergebnisse einer Stichprobe von der Ackerbrache (A), auf der das Impfsupstrat gewonnen wurde, in die Tabelle aufgenommen worden. Es ergeben sich weder bei den Lumbriciden noch bei den Enchytraeiden nennenswerte Überschneidungen mit dem Artenspektrum der Waldstandorte. Bis auf *Lumbricus rubellus* sind alle gefundenen Spezies Charakterarten von Gesellschaften mäßig saurer bis kalkreicher Standorte mit Mull-Humusformen (Ordnung *Lumbricetalia*).

Mit der Einarbeitung des Impfmateri als wurden offensichtlich zwei völlig unterschiedlich geartete Zersetzergesellschaften zusammengeführt. Dadurch entstehen auf den meliorierten Flächen relativ artenreiche Mischgesellschaften, in denen Arten mit unterschiedlichsten Ansprüchen an pH-Wert und andere ökologische Faktoren vertreten sind. Es wird jedoch deutlich, daß die Veränderungen stark vom Ausgangszustand (=Kontrolle) abhängig sind. So zeigt die Fläche BK auch nach der Melioration noch die niedrigste Artenzahl und den höchsten Anteil an Starksäurezeigern, was wahrscheinlich im weiterhin niedrigen pH-Wert begründet ist. Daß die Bodenreaktion nicht das einzige Kriterium für Artenzahl und Artenspektrum ist, ergibt sich aus einem Vergleich von B und BE. Obwohl die meliorierten Bereiche von B den höchsten pH-Wert zeigen, findet man auf BE eine höhere Arten- und mittlere Reaktionszahl. Die Ähnlichkeit zu Zersetzergesellschaften von Mull-Buchenwäldern ist damit bei dieser Fläche am größten.

Betrachtet man die behandelten und unbehandelten Bereiche einer Fläche, so stellt man fest, daß einige wenige Arten nach der Melioration fehlen. Dazu gehören *Achaeta camerani* und *Achaeta abulba* auf der Fläche B und *Achaeta brevivasa* auf der Fläche BE. Denkbare Ursachen für das Verschwinden dieser Arten sind die Erhöhung des pH-Wertes und der Verlust des bevorzugten Lebensraums der *Achaeta*-Arten - des Of- und Oh-Horizontes der organischen Auflage - durch die Bodenbearbeitung (vgl. Abb. 1).

3.3. Abundanzen und Dominanzen

Die absoluten Häufigkeiten liegen sowohl bei Enchytraeiden als auch bei den Lumbriciden in den Kontrollbereichen auf allen drei Flächen in ähnlichen Größenordnungen (Tab. 3). Mit der Melioration kommt es auf Fläche B zu einer Vervierfachung der Regenwürmer bei gleichzeitigem Rückgang der Enchyträen, was eventuell durch Konkurrenzbeziehungen zwischen beiden Gruppen zu erklären ist (vgl. HEALY 1980). Auf der Fläche BK trägt die starke Vermehrung der Starksäurezeiger *Achaeta brevivasa*, *Marionina clavata* und *Cognettia sphagnetorum* zu den extrem hohen Enchyträenabundanzen bei. Vermutlich sind hier wegen des nur geringfügig angestiegenen pH-Wertes auf den meliorierten Flächen weder die endogäischen Regenwürmer noch die säureempfindlichen Enchyträenarten konkurrenzfähig. Die Fläche BE wurde als letzte der drei Flächen beimpft. U.U. war daher die Zeit bis zur Probenahme zu kurz für ähnlich starke Abundanzänderungen wie auf den anderen Flächen.

Fläche	Kontrollbereiche		Meliorierte Bereiche	
	Kleinringelwürmer	Regenwürmer	Kleinringelwürmer	Regenwürmer
BK	49.400	34	166.900	51
B	57.200	21	29.400	104
BE	49.600	27	55.200	27

Tab. 3. Abundanzen der Anneliden auf den Versuchsflächen (Individuen/qm).

Table 3. Annelid abundances (Individuals/ square metre).

Auf Fläche BE hat sich allerdings bei fast gleichbleibenden Abundanzen die Dominanzstruktur der Enchyträenzönose mit der Melioration stark verändert (Tab. 4). In den unbehandelten Bereichen erreichen Mäßigsäurezeiger zusammen einen Dominanzanteil von 70%. Dagegen kommt es in den behandelten Bereichen zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Individuen auf die Arten. Zudem treten hier hohe Dominanzen häufiger unter den Schwachsäurezeigern auf. Für die Fläche B findet man ähnliche Tendenzen, wobei hier auf den Kontrollbereichen die Starksäurezeiger gegenüber den Mäßigsäurezeigern dominieren. Die Enchyträenzönose von BK ist in meliorierten und nicht-meliorierten Bereichen durch eine unausgeglichene Dominanzstruktur gekennzeichnet. Durch die Bodenbehandlung kommt es hier nur zu Dominanzverschiebungen unter den drei vorherrschenden Arten.

3.4. Vertikalverteilung

Im unbearbeiteten Waldboden dominieren die Gattungen *Achaeta* und *Cognettia* (nur *C. sphagnetorum*) jeweils in bestimmten Tiefenstufen (Abb. 1). Die *Achaeta*-Arten zeigen eine Präferenz für die Tiefe von 5-10 cm, die in den meisten Fällen der unteren Of- und der Oh-Lage sowie dem oberen Ah-Horizont entspricht. Ein entgegengesetztes Verhalten ist bei *C. sphagnetorum* mit einer ausgeprägten Vorliebe für die oberen 2,5 cm (Litter-Schicht) festzustellen. Für die mit großen Häufigkeiten vertretene *Marionina clavata* lassen sich keine auffallenden Horizontpräferenzen ermitteln.

Art	R	BK		B		BE	
		Kontr.	Substr.	Kontr.	Substr.	Kontr.	Substr.
<i>Achaeta brevivasa</i>	1	51,0	18,4				
<i>Marionina clavata</i>	1	15,6	43,9	38,5	23,9	10,5	
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	2	28,7	31,1	26,0	7,1	5,4	12,3
<i>Achaeta aberrans</i>	3					7,9	
<i>Achaeta monicae</i> *	3			16,3			
<i>Achaeta affinoides</i>	4			6,6		18,3	
<i>Marionina cambrensis</i>	4					17,8	
<i>Achaeta abulba</i>	5			5,8		33,8	
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>	5				16,5		
<i>Enchytronia parva</i>	6				6,1		15,2
<i>Buchholzia appendiculata</i>	7				12,1		
<i>Enchytronia minor</i>	7						13,9
<i>Fridericia spec.</i>	7						14,5
<i>Henlea perpusilla</i>	7				7,1		8,3
<i>Enchytraeus spec.</i>					5,5		10,4
übrige Arten (gesamt)		4,7	6,6	6,8	21,7	6,3	25,4

Tab. 4. Dominanzen der Kleinringelwürmer auf den Versuchsflächen in %. Dargestellt sind nur Arten mit Dominanzen > 5%. Markiert sind jeweils die drei Arten mit den höchsten Dominanzen. R: Reaktionszahl (siehe Legende zu Tabelle 2).

Table 4. Dominance values of the enchytraeids on the sample plots in %. Only species with dominance values > 5% are shown. The three species with the highest dominance values are marked. R: Indicator value for soil acidity (see legend for table 2).

In den Bereichen mit Bodenbearbeitung sind die Präferenzen von *Achaeta spec.* und *Cognettia sphagnetorum* weniger deutlich ausgeprägt, jedoch tendenziell ähnlich wie in den Kontrollbereichen (Abb. 2). Die *Enchytronia*-Arten dominieren auf zwei Flächen zwischen 2,5 und 7,5 cm Tiefe, während die *Fridericia*-Arten in 0 bis 2,5 cm die höchsten Dominanzen aufweisen. Da in den meliorierten Bereichen außer der L-Lage keine weitere morphologische Profildifferenzierung im Oberboden zu erkennen ist, orientieren sich die Präferenzen der Kleinringelwürmer für eine bestimmte Tiefe als Lebensraum anscheinend auch an Faktoren oder Faktorgradienten, die von der Existenz einer mehrschichtigen Humusauflage unabhängig sind. Differenzen zu den Ergebnissen anderer Autoren sind u. U. dadurch bedingt, daß hier aufgrund der einmaligen Probenahme je Fläche saisonale Vertikalwanderungen einzelner Arten unberücksichtigt bleiben müssen (vgl. RÖMBKE 1989, KROBOK 1993).

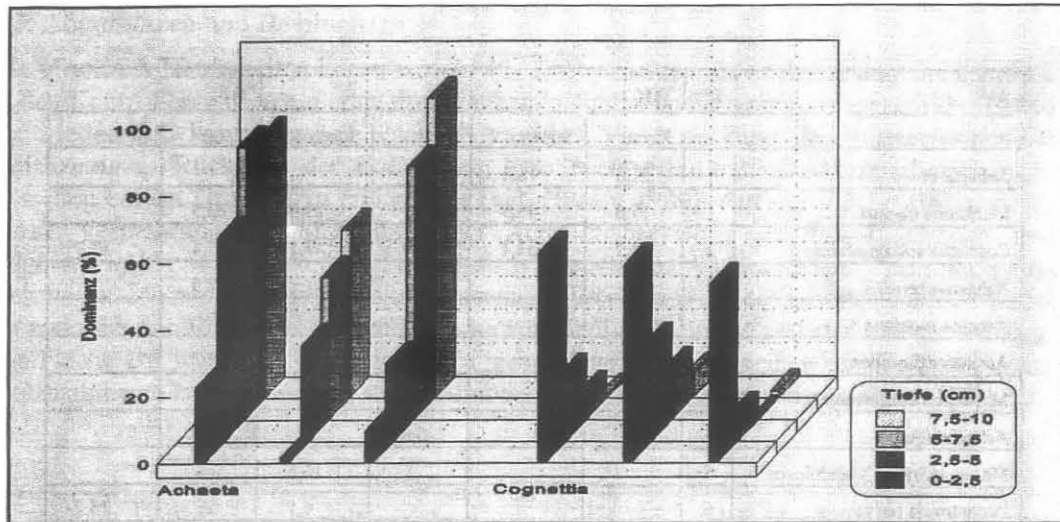


Abb. 1. Vertikalverteilung von *Achaeta spec.* und *Cognettia sphagnetorum* in den Bereichen ohne Bodenbearbeitung, jeweils für die drei Flächen BK, B und BE. Dominanzen getrennt nach Tiefenstufen.

Fig. 1. Vertical distribution of *Achaeta spec.* and *Cognettia sphagnetorum* in the sample plots without melioration, for the three sites BK, B and BE. Dominance values according to depth levels.

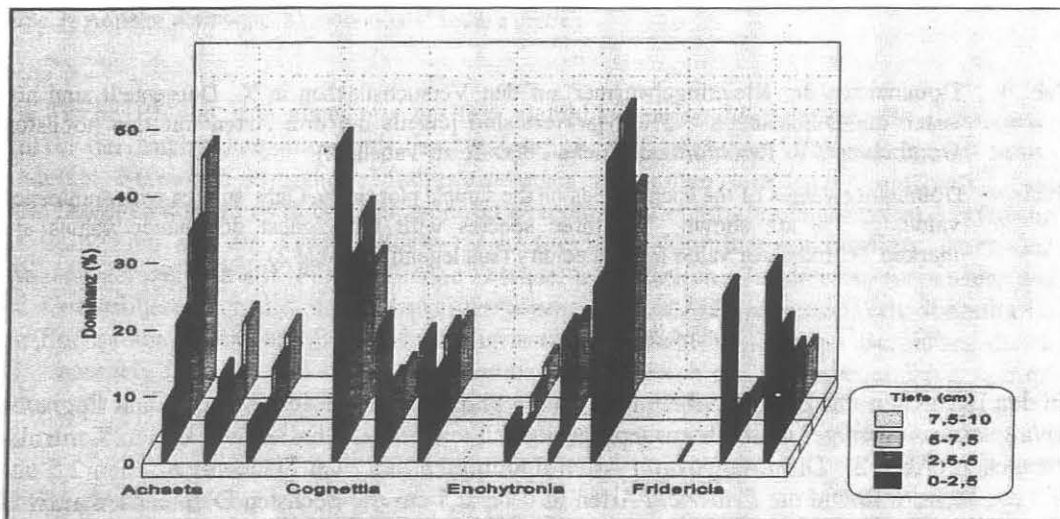


Abb. 2. Vertikalverteilung von *Achaeta spec.*, *Cognettia sphagnetorum*, *Enchytronia spec.* und *Fridericia spec.* in den Bereichen mit Bodenbearbeitung, jeweils für die drei Flächen BK, B und BE. Dominanzen getrennt nach Tiefenstufen.

Fig. 2: Vertical distribution of *Achaeta spec.*, *Cognettia sphagnetorum*, *Enchytronia spec.* and *Fridericia spec.* in the sample plots with melioration, for the three sites BK, B and BE. Dominance values according to depth levels.

4. Schlußbetrachtung

Die auf den untersuchten Flächen vorgenommenen Maßnahmen zur Bodenverbesserung zielen langfristig auf die Entwicklung eines biologisch aktiven Oberbodens mit der Humusform Mull ab. Auf den meliorierten Flächen kann eine Veränderung der Zersetzergesellschaften in Richtung auf die für Mull-Buchenwälder typischen Verhältnisse beobachtet werden. Arten wie *Enchytronia minor* und *Buchholzia appendiculata* sowie verschiedene *Fridericia*-Arten sind vielfach an basenreichen Waldstandorten nachgewiesen worden und gehören dort zum typischen Artenspektrum (SCHOCH-BÖSKEN und GREVEN 1987, MELLIN 1989, GRAEFE 1993). Gleiches gilt für die endogäischen Regenwürmer *Aporrectodea caliginosa* und *Allolobophora chlorotica*, die auf allen drei Flächen erfolgreich angesiedelt wurden (z.B. die Zusammenstellung von FRANZ 1975). Ein Flächenvergleich verdeutlicht aber, daß es durch die Beimpfung der Böden mit dem Substratmaterial nicht zu einer Vereinheitlichung der Zersetzergesellschaften kommt. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist offenbar umso größer, je günstiger die Lebensbedingungen für die eingeführten Kleingewürmer bereits im Ausgangszustand waren. Bei der Bewertung der Ergebnisse muß man jedoch berücksichtigen, daß mit der Melioration eine Sukzession eingeleitet wurde, die sich zur Zeit der Untersuchung noch in einem Anfangsstadium befand. Inwieweit die beschriebenen Veränderungen von Dauer sind, läßt sich daher nicht abschließend beurteilen.

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachbereich Biologie der Universität Hamburg durchgeführt. Für die fachliche Unterstützung danke ich Ulfert GRAEFE, Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Hamburg, und Priv. Doz. Dr. Reinmar GRIMM, Zoologisches Institut, Universität Hamburg.

Literatur

- ABRAHAMSEN G. (1972) Ecological Study of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norwegian Coniferous Forest Soils. *Pedobiologia* 12, 26-82.
- BENECKE P. (1992) Gedanken zur Waldbodenrestaurierung und Bodenbearbeitung. *Allg. Forstzeitschrift* 10, 542-545.
- BEYLICH A. (1993) Untersuchungen zur Annelidenfauna meliorierter Waldbodenparzellen bei Geesthacht (Kreis Herzogtum Lauenburg). *Diplomarbeit, Universität Hamburg*, Unveröffentlicht.
- FRANZ H. (1975) Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung. Teil 1 und 2. *Franz Steiner Verlag, Wiesbaden*.
- GRAEFE U. (1990) Untersuchungen zum Einfluß von Kompensationskalkung und Bodenbearbeitung auf die Zersetzerfauna in einem bodensauren Buchenwald- und Fichtenforst-Ökosystem. In: GEHRMANN (Hrsg.): Umweltkontrolle am Waldökosystem. *Forschung und Beratung, Reihe C* 48, 232-241.

- GRAEFE U. (1993) Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 69, 95-98.
- HEALY B. (1980) Distribution of Terrestrial Enchytraeidae in Ireland. *Pedobiologia* 20, 159-175.
- HUHTA V. (1979) Effects of Liming and Deciduous Litter on Earthworm (Lumbricidae) Populations of a Spruce Forest, with an Inoculation Experiment on *Allolobophora caliginosa*. *Pedobiologia* 19, 340-345.
- JUDAS M., SCHAUERMANN J. und MEIWES K.-J. (1991) Die erfolgreiche Ansiedelung des tiefgrabenden Regenwurms *Lumbricus terrestris* L. in einem gekalkten Siebenstern-Fichtenforst auf Buntsandstein. In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, 22, 377-379.
- KROBOK Th. (1993) Charakterisierung der Belastung in Waldökosystemen des Kernmünsterlandes. *LÖLF-Mitteilungen* 1/93, 18-29.
- MELLIN A. (1989) Ökologie der Enchytraeiden, Aelosomatiden und Tubificiden (Annelida, Oligochaeta) des Göttinger Kalkbuchenwaldes. *Verh. Ges. Ökol.* 17, 321-326.
- ROBINSON C.H., PEARCE T.G., INESON Ph., DICKSON D.A. and NYS C. (1992) Earthworm Communities of Limed Coniferous Soils: Field Observations and Implications for Forest Management. *Forest Ecology and Management* 55, 117-134.
- RÖMBKE J. (1989) Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 12. Die Enchytraeen. *Carolinea* 47, 55-92.
- SCHOCH-BÖSKEN J. und GREVEN H. (1987) Artenspektrum und Dominanzstruktur von Enchytraeiden einiger Buchen- und Fichtenwälder Nordrhein-Westfalens. *Verh. Ges. Ökol.* 16, 79-84.

Anschrift der Autorin:

Anneke BEYLICH

Zwanckweg 3

D-22337 Hamburg, GERMANY